

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-124171

(43)Date of publication of application : 25.04.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/304

B24B 1/00

B24B 37/04

B24B 49/02

B24B 49/10

(21)Application number : 2001-321534

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.10.2001

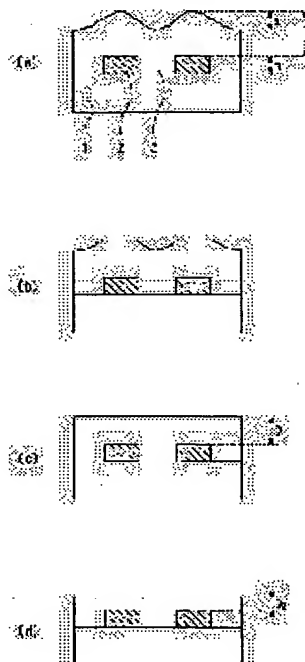
(72)Inventor : KAKITA SHINICHIRO

## (54) METHOD OF POLISHING AND POLISHING APPARATUS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the occurrence of defective wafers and of wafers that needs re-polishing to increase the yield by highly accurately controlling the polishing time of a chemical-mechanical polishing so that a target film-thickness can be obtained.

**SOLUTION:** A preceding wafer having aluminum wiring 2 and a silicon oxide film 3 formed on an insulating film 1, is chemically-mechanically polished. The polishing is stopped at a stage in which unevenness of the silicon oxide film a disappears (Figure 1 (c)). Based on this result, the polishing time is determined in accordance with the formula (I):  $T=(D1-D2)/v+t1$  (1), where, D1 is the film thickness at the stage at which the polishing is stopped, D2 is the target film thickness, t1 is the time needed to reduce the film thickness from the initial film thickness to the film thickness D1, and v is the polishing rate of the constituent material of the silicon oxide film 3 formed on a flat substrate.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-124171

(P2003-124171A)

(43) 公開日 平成15年4月25日 (2003. 4. 25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 R 3 C 0 3 4
B 2 4 B 1/00		B 2 4 B 1/00	A 3 C 0 4 9
37/04		37/04	D 3 C 0 5 8
			K
49/02		49/02	Z
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-321534(P2001-321534)

(22) 出願日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 柿田 真一郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100110928

弁理士 速水 進治

Fターム(参考) 3C034 AA19 CA02 CA22 CB01 DD01

3C049 AA07 AC02 BA01 BA02 BA07

BA09 BB02 BB08 BB09 BC01

BC02 CA01 CB01 CB03

3C058 AA07 BA02 CB01 DA17

(54) 【発明の名称】 研磨方法および研磨装置

(57) 【要約】

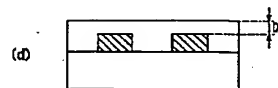
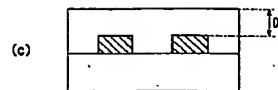
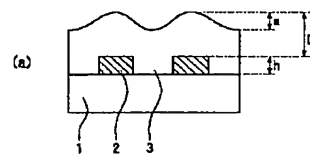
【課題】目標どおりの膜厚が得られるように化学的機械的研磨の研磨時間を高精度に制御し、これにより不良品や再研磨が必要となるウェハの発生を抑え、歩留まりを向上させる。

【解決手段】絶縁膜1上にアルミ配線2、シリコン酸化膜3が形成された先行ウェハを化学的機械的研磨する。シリコン酸化膜3の凹凸が解消された段階で研磨と中止する(図1(c))。この結果に基づき、以下の式

(I) にしたがって研磨時間を決定する。

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (I)$$

(但し、 $D_1$ は研磨を中止した段階での膜厚であり、 $D_2$ は目標膜厚である。 $t_1$ は、初期膜厚から膜厚 $D_1$ に至るまでに要した時間である。平坦な下地上に成膜されたシリコン酸化膜3の構成材料の研磨速度を $v$ とする。)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する方法であって、研磨対象のウエハと同種の先行ウエハの研磨を行った際に取得した研磨データを用いて研磨前半の所要予測時間を求め、平坦な下地上に成膜された前記膜の構成材料の研磨速度を用いて研磨後半の所要予測時間を求め、これらの所要予測時間を合計して得た値を研磨時間とし、研磨対象のウエハを化学的機械的研磨する研磨方法。

【請求項2】 凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する方法であって、平坦な下地上に成膜された、前記膜の構成材料の研磨速度 $v$ を取得するステップと、研磨対象のウエハと同種の先行ウエハを化学的機械的研磨し、前記目標膜厚に到達する前の段階で研磨を中止し、この段階での膜厚を測定するステップと、下記式(1)

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (1)$$

(但し、 $D_1$ は研磨を中止した段階での膜厚であり、 $D_2$ は目標膜厚である。 $t_1$ は、初期膜厚から膜厚 $D_1$ に至るまでに要した時間である。)によって定義される $T$ を算出するステップと、 $T$ を基準として得た値を研磨時間として、研磨対象のウエハを化学的機械的研磨するステップと、を含むことを特徴とする研磨方法。

【請求項3】 請求項2に記載の研磨方法において、研磨対象のウエハを化学的機械的研磨する際、下記式(11)で定義される $T'$ を研磨時間とすることを特徴とする研磨方法。

$$T' = T + d / v \quad (11)$$

(但し、前記先行ウエハおよび前記研磨対象のウエハの初期膜厚の差を $d$ とする。)

【請求項4】 請求項2または3に記載の研磨方法において、膜厚 $D_2$ の前記先行ウエハについて、下記式で定義される $t_2$ を研磨時間として化学的機械的研磨を行うステップをさらに含むことを特徴とする研磨方法。

$$t_2 = (D_1 - D_2) / v$$

【請求項5】 凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する研磨装置であって、研磨対象となるウエハと同種の先行ウエハについて取得した研磨データと、平坦な下地上に成膜された前記膜の構成材料の研磨速度とを格納する記憶部と、前記記憶部から読み出した前記研磨データを用いて研磨前半の所要予測時間を求め、前記記憶部から読み出した前記研磨速度を用いて研磨後半の所要予測時間を求め、これらの所要予測時間を合計して研磨時間を得る研磨時間管理部と、前記研磨時間管理部により得られた研磨時間によりウエハを化学的機械的研磨する研磨部と、を具備することを特徴とする研磨装置。

【請求項6】 凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する研磨装置であって、ウエハを化学的機械的研磨する研磨部と、ウエハ表

面に設けられた膜の膜厚を制御する膜厚制御部と、ウエハ表面に設けられた膜の厚みを測定する膜厚測定部と、研磨条件に関するデータを記憶する記憶部と、ウエハの研磨時間を管理する研磨時間管理部と、を有し、前記研磨部に先行ウエハが配置されて研磨が開始されたとき、前記膜厚制御部は、前記研磨部に対して目標膜厚 $D_2$ に到達する前に研磨を中止することを要求し、前記膜厚測定部は、研磨の中止が要求された段階における前記膜の膜厚 $D_1$ を測定するとともに、膜厚 $D_1$ および膜厚 $D_1$ に到達するまでに要した研磨時間 $t_1$ を前記記憶部に格納し、前記研磨時間管理部は、あらかじめ前記記憶部に格納された平坦な下地の上に成膜された前記膜材料の研磨速度 $v$ と、膜厚 $D_1$ および膜厚 $D_1$ に到達するまでに要した研磨時間 $t_1$ とを前記記憶部から読み出し、下記式(1)

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (1)$$

(但し、 $D_1$ は研磨を中止した段階での膜厚であり、 $D_2$ は目標膜厚である。 $t_1$ は、初期膜厚から膜厚 $D_1$ に至るまでに要した時間である。)によって定義される $T$ を算出し、この値を基準としてウエハの研磨時間を決定して前記記憶部に格納し、前記研磨部に研磨対象のウエハが配置されたとき、前記研磨部は、前記記憶部に格納された前記研磨時間を読み出し、この研磨時間により研磨対象のウエハを化学的機械的研磨することを特徴とする研磨装置。

【請求項7】 請求項6に記載の研磨装置において、前記研磨時間管理部は、下記式(11)で定義される $T'$ を研磨時間とすることを特徴とする研磨装置。

$$T' = T + d / v \quad (11)$$

(但し、前記先行ウエハおよび前記研磨対象のウエハの初期膜厚の差を $d$ とする。)

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ウエハ上に形成された膜を所定の膜厚となるまで膜厚制御性良く化学的機械的研磨する技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年における半導体装置の微細化にともない、ウエハ表面を平坦化する技術の重要性が高まっている。なかでも化学的機械的研磨(以下、適宜「CMP」と称する)は生産性に優れる等、多くの利点を備えており、平坦化の手法のうち、特に重要な位置を占めている。CMPプロセスでは、目標膜厚を得るための条件設定、特に研磨時間の設定を正確に行うことが重要となる。

【0003】特許第3077656号公報には、研磨レートが変化しても研磨量が変化することがなく、再研磨を不要として工程処理能力を高めることのできる半導体製造装置のレシビ修正方法が開示されている。同公報に開示された方法は、化学機械研磨を行う半導体製造装置

の研磨レートをモニタし、このモニタした研磨レートおよび研磨必要量から研磨時間を算出し、この算出した研磨時間に応じたプロセスレシピ情報をプロセスレシピ選択テーブルからレシピ変動部分として選択し、この選択したレシピ変動部分を予め決定されているレシピ固定部分に加えることによってレシピ情報を修正するようにしたものである。

【0004】この技術について、図13に示したフローチャートを参照しながら説明する。最初に、前の工程から来たロットを膜厚測定装置に投入する(ステップ201)。膜厚測定装置は、当該ロットの研磨前膜厚測定を行う(ステップ202)。次いでロットを膜厚測定装置から取り出してCMP装置に投入し、CMP処理を行う。CMP処理にあたって採用するレシピは、膜の種類や研磨必要量等に基づいて決定するレシピ固定部と、前回以前のバッチの研磨時間と研磨量の関係から求められるレシピ可変部とからなる。レシピ可変部を有することにより、装置の状態等を反映した最適なレシピに更新されることとなる。このように、レシピ固定部分にレシピ変動部分を加えることによって修正されたプロセスレシピ情報を最適レシピとして設定し(ステップ203)、CMP処理を開始する(ステップ204)。研磨終了後、ウェハ洗浄処理を行い(ステップ205)、次いで、研磨後膜厚測定を行う(ステップ206)。これにより、最新の研磨レートを算出し(ステップ207)、変動パラメータテーブルに保存する。得られた最新研磨レートは、次のロットの最適レシピを求めるときに使用する。次に、研磨後の膜厚が基準内であるか否かの判定を行い(ステップ208)、判定結果の履歴を所定の記憶部に格納する。そして、CMP工程のすべての処理が終了したロットを排出し(ステップ209)、次の工程へ送る。

【0005】ウェハを化学的機械的研磨した際の研磨時間および研磨量のデータに基づいて、次回以降の研磨時間や研磨条件を決定する方法については、上記以外にいくつかの公報で開示されている。

【0006】特開平10-106984号公報には、研磨時間、目標膜厚値、研磨前の膜厚、研磨後の膜厚から最適研磨時間を算出し、次回以降の研磨に適用することが開示されている。また、特開平10-98016号公報には、研磨後に膜厚を測定して研磨状態を検出し、それと基準膜厚から研磨条件を制御することが開示されている。

【0007】また、特開平8-17768号公報には、段差形状を有するウェハの研磨後の膜厚を測定し、それに応じて次の研磨時間を設定することが開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術のように、前回の研磨時間および研磨量のデータ

に基づいて、次回以降の研磨時間や研磨条件を決定する方法では、目標膜厚値の得られる最適研磨時間が把握するまでに数バッチを要することが通常であった。その原因は従来、明確に把握されていなかったが、本発明者は、多くの実験を経て、研磨対象となる膜の表面に凹凸が生じることが原因であることを究明した。以下、この点について図面を参照して説明する。

【0009】図4は、従来の化学的機械的研磨工程を説明するための工程断面図である。ここでのCMP処理の対象は、図4(a)に示すように、下地となる絶縁膜1上に、アルミ配線2、シリコン酸化膜3が積層されたウェハである。アルミ配線2の形状を反映して、シリコン酸化膜3の表面に、高低差aの凹凸が発生する。ここで、アルミ配線2の表面からシリコン酸化膜3の表面までの距離d<sub>1</sub>が初期膜厚となる。次いでCMPによりシリコン酸化膜3表面を研磨し、最終的に図4(b)のように目標膜厚d<sub>2</sub>に到達する。図4(a)から図4(b)に至るまでの過程において、研磨前半では、シリコン酸化膜3の凹凸形状のため、実質的な研磨量は少なく膜厚の減少は速い。しかし研磨後半では、シリコン酸化膜3の凹凸部分が消失し、表面が平坦な状態となり、シリコン酸化膜3の実質的な研磨量が多くなって研磨の進行が遅くなる。

【0010】以上のように、CMPの進行にともない、研磨対象となるシリコン酸化膜3の形状が相違し、その状態に応じて研磨速度が変化する。従来の研磨時間決定方法においては、このような研磨の工程の進行に応じて研磨対象の状態が変化し、これに応じて研磨速度が変化する、具体的には、研磨前半では凹凸形状に起因して研磨速度が大きくなるといった点については考慮されていなかった。このため、従来の方法によれば、研磨時間として短めの値が算出されることとなる。算出された研磨時間にて研磨した際に得られる膜厚と目標膜厚値との際は、バッチを重ね、研磨時のデータが蓄積されることにより小さくなり、次第に目標どおりの膜厚が得られるようになるが、その状態に至るまで、ある程度のバッチ数が必要となる。この結果、再研磨が必要なウェハが大量に発生する上、製品にならない不良品のウェハが発生し、歩留まりが低下するといった課題があった。

【0011】本発明は、上記事情に鑑み、目標どおりの膜厚が得られるように化学的機械的研磨の研磨時間を高精度に制御し、これにより不良品や再研磨が必要となるウェハの発生を抑え、歩留まりを向上させることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明によれば、凹凸を有するウェハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する方法であって、研磨対象のウェハと同種の先行ウェハの研磨を行った際に取得した研磨データを用いて研磨前半の所要予測時間を求

め、平坦な下地上に成膜された前記膜の構成材料の研磨速度を用いて研磨後半の所要予測時間を求め、これらの所要予測時間を合計して得た値を研磨時間とし、研磨対象のウエハを化学的機械的研磨する研磨方法、が提供される。

【0013】また本発明によれば、凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する方法であって、平坦な下地上に成膜された、前記膜の構成材料の研磨速度 $v$ を取得するステップと、研磨対象のウエハと同種の先行ウエハを化学的機械的研磨し、前記目標膜厚に到達する前の段階で研磨を中止し、この段階での膜厚を測定するステップと、下記式(Ⅰ)

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (Ⅰ)$$

(但し、 $D_1$ は研磨を中止した段階での膜厚であり、 $D_2$ は目標膜厚である。 $t_1$ は、初期膜厚から膜厚 $D_1$ に至るまでに要した時間である。)によって定義される $T$ を算出するステップと、 $T$ を基準として得た値を研磨時間として、研磨対象のウエハを化学的機械的研磨するステップと、を含むことを特徴とする研磨方法、が提供される。

【0014】上記研磨方法において、研磨対象のウエハを化学的機械的研磨する際、下記式(Ⅱ)で定義される $T'$ を研磨時間とする構成とすることができる。

$$T' = T + d / v \quad (Ⅱ)$$

(但し、前記先行ウエハおよび前記研磨対象のウエハの初期膜厚の差を $d$ とする。)また上記研磨方法において、膜厚 $D_2$ の前記先行ウエハについて、下記式で定義される $t_2$ を研磨時間として化学的機械的研磨を行うステップをさらに含む構成とすることができる。

$$t_2 = (D_1 - D_2) / v$$

【0015】また本発明によれば、凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する研磨装置であって、研磨対象となるウエハと同種の先行ウエハについて取得した研磨データと、平坦な下地上に成膜された前記膜の構成材料の研磨速度とを格納する記憶部と、前記記憶部から読み出した前記研磨データを用いて研磨前半の所要予測時間を求め、前記記憶部から読み出した前記研磨速度を用いて研磨後半の所要予測時間を求め、これらの所要予測時間を合計して研磨時間を得る研磨時間管理部と、前記研磨時間管理部により得られた研磨時間によりウエハを化学的機械的研磨する研磨部と、を具備することを特徴とする研磨装置、が提供される。

【0016】また本発明によれば、凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜を目標膜厚まで化学的機械的研磨する研磨装置であって、ウエハを化学的機械的研磨する研磨部と、ウエハ表面に設けられた膜の膜厚を制御する膜厚制御部と、ウエハ表面に設けられた膜の厚みを測定する膜厚測定部と、研磨条件に関するデータを記憶する記憶部と、ウエハの研磨時間を管理する研磨時間管理部

と、を有し、前記研磨部に先行ウエハが配置されて研磨が開始されたとき、前記膜厚制御部は、前記研磨部に対して目標膜厚 $D_2$ に到達する前に研磨を中止することを要求し、前記膜厚測定部は、研磨の中止が要求された段階における前記膜の膜厚 $D_1$ を測定するとともに、膜厚 $D_1$ および膜厚 $D_2$ に到達するまでに要した研磨時間 $t_1$ を前記記憶部に格納し、前記研磨時間管理部は、あらかじめ前記記憶部に格納された平坦な下地の上に成膜された前記膜材料の研磨速度 $v$ と、膜厚 $D_1$ および膜厚 $D_2$ に到達するまでに要した研磨時間 $t_1$ とを前記記憶部から読み出し、下記式(Ⅰ)

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (Ⅰ)$$

(但し、 $D_1$ は研磨を中止した段階での膜厚であり、 $D_2$ は目標膜厚である。 $t_1$ は、初期膜厚から膜厚 $D_1$ に至るまでに要した時間である。)によって定義される $T$ を算出し、この値を基準としてウエハの研磨時間を決定して前記記憶部に格納し、前記研磨部に研磨対象のウエハが配置されたとき、前記研磨部は、前記記憶部に格納された前記研磨時間を読み出し、この研磨時間により研磨対象のウエハを化学的機械的研磨することを特徴とする研磨装置、が提供される。上記研磨装置において、前記研磨時間管理部は、下記式(Ⅱ)で定義される $T'$ を研磨時間とする構成とすることができる。

$$T' = T + d / v \quad (Ⅱ)$$

(但し、前記先行ウエハおよび前記研磨対象のウエハの初期膜厚の差を $d$ とする。)

【0017】本発明においては、研磨を前半と後半の2段階にわけ、各段階の研磨対象の状態等を考慮して研磨時間を迅速かつ正確に把握する。このため、研磨の途中の過程において、研磨対象の表面形状や材質が変化するような研磨対象に対しても、正確な研磨時間を見積もることができ、この研磨時間を用いることにより、目標膜厚値を確実に実現することができる。しかも、従来技術で課題となっていた、最適研磨時間を把握するまでの時間の短縮化を図ることができ、生産性を向上することができる。本発明における先行ウエハとは、研磨データを取得するため、他の製品ウエハに先駆けて研磨するウエハである。先行ウエハ自体も、その後、再研磨する等の方法によって製品として利用することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0019】本実施形態では、表面に膜の形成された複数枚のウエハを一ロットとし、ロット単位のウエハを一枚ずつ目標膜厚値となるように化学的機械的研磨する。まず、ロットから選択された先行ウエハ表面の膜を以下の手順でCMP処理し、CMP処理時間を決定する。

【0020】図1は、成膜およびCMPプロセスを含む工程断面図である。はじめに、絶縁膜1上に、所定の形状にパターンニングされたアルミ配線2を形成する。これ

を下地層として、その上にプラズマCVD法によりシリコン酸化膜3を形成する。図1(a)はこの状態を示す。このとき、アルミ配線2の高さhを反映して、シリコン酸化膜3の表面には高さaの凹凸が発生する。ここで、アルミ配線2の表面からシリコン酸化膜3の表面までの距離D<sub>0</sub>をシリコン酸化膜3の初期膜厚とする。

【0021】次いでCMPによりシリコン酸化膜3表面を研磨し、図1(b)の状態となる。図1(a)から(b)に至るまではシリコン酸化膜3の凹凸形状のため、実質的な研磨量は少なく膜厚の減少は速い。

【0022】その後、CMPをさらに続けると、図1(c)の状態となる。ここでは、シリコン酸化膜3の凹凸部分が消失し、表面が平坦な状態となっている。したがって、この後の研磨においては、シリコン酸化膜3の実質的な研磨量が多くなるため、研磨の進行が遅くなる。本実施形態では、膜厚が目標値D<sub>2</sub>に到達する前の段階でいったんCMPを中止する。このときの厚みをD<sub>1</sub>とする。以上により、一回目のCMPを終了する。

【0023】次に、この結果に基づいて2回目以降に行うCMPの研磨時間を決定する。上記の実験により図1(a)から(c)に至るまでの時間が求まるので、それ以降の図1(c)から(d)までに要する時間を計算によって求め、これらの総和をとることでCMP研磨時間を算出する。

【0024】図1(c)から(d)までに要する時間は次のようにして計算する。まず、本実施形態のCMP処理に先駆けて、平坦なウエハ上に形成したシリコン酸化膜3を上述した図1(a)~(c)の工程と同条件でCMP処理した場合における研磨速度を測定しておく。この値をvとする。図1(c)から(d)に至るまでの状態では、シリコン酸化膜3の凹凸部がすでに消失しているため、平坦なウエハ上に形成されたシリコン酸化膜3と同じ研磨速度が得られる。そこで、この間の研磨に要する時間は、

$$(D_1 - D_2) / v$$

と見積もることができる。

【0025】この値に、先行ウエハを図1(a)から図1(c)の状態まで研磨するのに要した時間をt<sub>1</sub>を加算することにより、研磨時間Tが算出される。このTの値を、次回以降のCMP処理時間とする。2回目以降は図1(a)から(d)までの工程を行う。

【0026】上記の方法では、シリコン酸化膜3の凹凸部が消失した後は、平坦なウエハ上に形成されたシリコン酸化膜3と同じ研磨速度が得られる、との前提で研磨時間を算出している。この点について実験データに基づいて説明する。図12は、プラズマCVD法により形成したシリコン酸化膜を化学的機械的研磨した場合における研磨時間と残存膜厚との関係を示す図である。初期膜厚14000オングストロームに対し、目標膜厚を4000オングストロームとしている。図からわかるよう

に、研磨の前半では研磨速度が速く、後半では一定の研磨速度に落ち着いている。研磨終点の付近では、研磨時間と膜厚は良好な直線関係にある。直線の傾きから求めた研磨速度は2975オングストローム/minであった。一方、同じ成膜法(プラズマCVD法)により平坦な下地の上に形成したシリコン酸化膜を化学的機械的研磨した場合の研磨速度は2916オングストローム/minであった。これらの研磨速度はほぼ一致しており、図1に示すプロセスにおける研磨後半の研磨速度は、平坦な下地上に成膜された、同じ膜の構成材料の研磨速度と等しいことが確認された。

【0027】次に、本発明に係る研磨装置の構成の一例について説明する。図6は本発明に係る装置の構成の一例を示す。この装置は、ウエハを研磨する研磨部101、ウエハの膜厚を測定する膜厚測定部106、ウエハを搬送する搬送部103、ウエハを洗浄する洗浄部102、膜厚を制御する制御部110からなっている。この装置内でウエハは、研磨部101によって研磨された後、膜厚測定部106に送られて膜厚測定される。その後、洗浄部102に送られ、洗浄される。膜厚測定は、光学式インライン膜厚測定器等により行うものとする。光学式インライン膜厚測定器は図5に示す原理で測定を行う。すなわち、測定対象に対して所定波長の光を照射し、その反射光A、Bを観測する。シリコン酸化膜3の材料物性値が既知であるので反射光A、Bの光路差2xが求まり、膜厚が測定される。

【0028】図7は、本発明に係る装置を機能に着目して図示した機能ブロック図である。図中、実線はデータの授受を示し、点線はウエハの移動を表す。この図面を参照して装置内のデータの授受やウエハの動きについて説明する。

【0029】まず、膜厚制御部107は、残膜の厚みが目標膜厚よりも厚くなるように研磨時間を設定し、これを研磨部101、搬送部103に伝達する(S1、S7)。研磨部101は、伝達された研磨時間にて化学的機械的研磨を行う。研磨終了後、搬送部103は研磨部101に載置されたウエハを膜厚測定部106へ搬送する(S3)。膜厚測定部106はウエハの残膜の膜厚を測定する。この膜厚をD<sub>1</sub>とし、膜厚D<sub>1</sub>および初期膜厚から膜厚D<sub>1</sub>に到達するまでに要した研磨時間t<sub>1</sub>を記憶部108に格納する(S4)。

【0030】研磨時間管理部109は、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、t<sub>1</sub>、および、あらかじめ記憶部108に格納しておいた平坦な下地の上に成膜された上記膜材料の研磨速度vを記憶部108から読み出し(S8、9)、下記式(I) 
$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (I)$$

(但し、D<sub>1</sub>は研磨を中止した段階での膜厚であり、D<sub>2</sub>は目標膜厚である。t<sub>1</sub>は、初期膜厚から膜厚D<sub>1</sub>に至るまでに要した時間である。)によって定義されるTを算出する。この値を基準として、研磨対象のウエハの

研磨時間を決定する。研磨時間は、上記Tをそのまま用いてもよいし、先行ウエハと研磨対象のウエハの初期膜厚が異なる場合は適宜補正をして研磨時間を決定することもできる。補正をする場合は、たとえば、下記式(11)を用いることができる。

$$T' = T + d/v \quad (11)$$

(先行ウエハおよび研磨対象のウエハの初期膜厚の差をdとする。)

本発明は、研磨の途中の過程において表面形状や材質が変化する研磨対象に対して有効に適用される。たとえば図2のように、下地が凹凸を有するだけでなく、層間絶縁膜が第一のシリコン酸化膜5および第二のシリコン酸化膜6が積層してなる構造に対しても有効である。また、本発明における「凹凸を有するウエハ表面に設けられた膜」は様々な形態のものを含んでいる。図3はその一例である。図3はDRAMの概略構造を示す図であり、シリコン基板10上にゲート電極11、拡散層12からなるトランジスタが形成され、このトランジスタと、コンタクトプラグ13を介してキャパシタ15が形成されている。このキャパシタ15上に形成される絶縁膜16の平坦化工程に対し本発明の研磨方法を好適に適用することができる。また、STI(Shallow Trench Isolation)形成プロセスにおいて、トレンチに所定の膜材料を埋め込んだ後の平坦化工程に対しても本発明の研磨方法を適用することが可能である。

#### 【0031】

##### 【実施例】実施例1

本実施例における化学的機械的研磨のフローを図11に示す。まず、平坦な下地上に成膜された膜材料の研磨速度を測定し、次いで先行ウエハによる研磨データの収集を行う。これらのデータに基づいて最適研磨時間を決定し、これに基づいて実際の研磨対象となるウエハを研磨する。

##### (i) 研磨対象

本実施例における研磨対象のウエハは、図1(a)に示した断面構造を有する。このウエハは、シリコンウエハ上にアルミ配線2(膜厚約5000オングストローム)を形成し、次いでプラズマCVD法によりシリコン酸化膜3(平坦部の膜厚約14000オングストローム)を形成したものである。本実施例では、この段階のウエハを複数枚(一ロット)用意し、4枚ごとに化学的機械的研磨した。目標膜厚値 $D_2$ は、5000オングストロームとした。

##### (ii) 最適研磨時間の決定

予備実験を行ない、図1(a)のウエハにおけるシリコン酸化膜3と同じ成膜条件でシリコン基板上の平坦な面に成膜して得られた膜の研磨速度 $v$ を測定した。この結果、研磨速度として、2900オングストローム/minという値が得られた。

【0032】次いで、先行ウエハを用いて本製造にお

る研磨時間の最適化を行った。研磨に際し、図7により説明した構成の研磨装置を用いた。以下、研磨時間の最適化手順について説明する。

【0033】まず、先行ウエハを研磨部101に配置して研磨を開始する。このとき目標膜厚値 $D_2$ よりも厚い膜厚が残るタイミングで研磨を中止するよう、研磨時間を調整する。この調整は、経験値を用いて余分に膜が残るように調整する方式としてもよいし、適当なタイミングで膜厚を測定しながら調整する方式とすることもできる。

【0034】ついで、この段階までに要した時間 $t_1$ を記憶部108に格納する。そして、搬送部103に対しては、先行ウエハを膜厚測定部106に移動することを要求する。先行ウエハは、この膜厚測定部106にて膜厚が測定される。この膜厚を $D_1$ とする。膜厚 $D_1$ と、膜厚 $D_1$ に到達するまでに要した研磨時間 $t_1$ は、記憶部108に格納される。

【0035】次に、研磨速度 $v$ 、膜厚 $D_1$ 、目標膜厚 $D_2$ 、研磨時間 $t_1$ を記憶部108から読み出し、下記式(1)によって定義される $T$ を算出する。

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (1)$$

この値 $T$ を次回からの研磨時間として利用する。

##### (iii) 最適研磨時間によるウエハの研磨

本実施例で用いた装置は、ウエハを同時に4枚載置し、膜の研磨を行う。したがって、上記した最適研磨時間の決定も、それぞれのウエハ載置台ごとに行われる。載置台ごとに、研磨パッドの状態等が相違し、研磨速度が異なるため、このようにそれぞれの載置台ごとに研磨時間を決定するのがよい。

【0036】図8は、横軸にランナンバー、縦軸に研磨後の膜厚を示す。図中、ランナンバー1~4は、いずれも先行ウエハの研磨結果を示す。以下、図中のランナンバー1の結果から $T$ を求める。

$$T = (D_1 - D_2) / v + t_1 \quad (1)$$

に、以下の値を代入する。

$$D_2 = 5000 \text{ オングストローム}$$

$$D_1 = 6400 \text{ オングストローム}$$

$$v = 2900 \text{ オングストローム/min}$$

$$t_1 = 2 \text{ min}$$

これにより、 $T = 2.48 \text{ min}$ となる。ランナンバー5、9、13...では、この $T$ を研磨時間として化学的機械的研磨を行った。その結果、ランナンバー5以降では、残膜の膜厚が5000オングストロームとなり、目標値どおりの値となった。

【0037】同様に、ランナンバー2、3、4に基づいて決定した研磨時間により化学的機械的研磨を実施したところ、図8に示すように、いずれも目標値どおりの膜厚が得られた。

【0038】本実施例では、研磨時間を決定するための先行ウエハランナンバー1~4についても、再度、化学



的機械的研磨することにより、製品として再利用している。このとき、下記式で定義される $t_2$ を研磨時間とした。

$$t_2 = (D_1 - D_2) / v$$

図8中、ランナンバー15～18が、再研磨により得られたウエハである。残膜の膜厚はいずれも5000オングストロームとなり、目標値どおりの値となった。

#### 【0039】比較例1

本比較例では、ウエハを化学的機械的研磨した際の研磨時間および研磨量のデータに基づいて、次回以降の研磨時間や研磨条件を決定する方法を採用している。実施例1と同様、先行ウエハを用いて研磨時間を計算しているが、計算式は以下のように実施例1と異なるものを用いた。

$$T = (D_1 - D_2) / v' + t_1$$

$D_1$ は研磨を中止した段階での膜厚であり、 $D_2$ は目標膜厚である。 $t_1$ は、初期膜厚から膜厚 $D_1$ に至るまでに要した時間である。ここで、 $v'$ は、アルミ配線パターン上に形成された膜の研磨速度のデータを用いており、この点、平坦な下地の上に形成された膜の研磨速度を用いる実施例1の式(1)と異なる。

【0040】本比較例で用いた研磨装置の研磨部は、実施例1のものと同様である。研磨対象のウエハは実施例1と同様であり、4枚ごとに化学的機械的研磨した。膜厚目標値は5000オングストロームとした。研磨の結果を図9に示す。図中、ランナンバー1～4は、いずれも先行ウエハの研磨結果を示す。

【0041】図9において、ランナンバー1のウエハを化学的機械的研磨し、次いで、ランナンバー1の研磨において得られた研磨速度に基づいて計算した研磨時間によりランナンバー5の研磨を行う。以降、同様にして、前回のランナンバーの研磨データを用いて次の研磨における研磨時間を算出し、ランナンバー9、13、...の化学的機械的研磨を実施する。同様に、ランナンバー2、3、4に基づいてその後のランナンバーのウエハを研磨する。

【0042】この方式による結果は図9に示すとおりであり、目標膜厚を制御性良く得ることは難しい。ランナンバーを重ねるにつれて次第に目標膜厚に近づいていくが、目標通りの膜厚が得られるようになるまで、多くのバッチを要する結果となった。

#### 【0043】実施例2

本実施例は、ウエハ研磨のバッチ処理の途中で初期膜厚の異なるウエハを挿入した例である。研磨結果を図10に示す。実施例1では、初期膜厚の同じウエハを複数処理する例を示したが、本実施例では途中で初期膜厚の異なるウエハが処理されることとなるため、そのウエハについて別途研磨時間が設定される。この研磨時間の設定は、下記式(11)で定義される $T'$ を研磨時間とすることで行った。

$$T' = T + d / v$$

(11)

但し、先行ウエハと研磨対象のウエハとの初期膜厚の差を $d$ とする。本実施例では、先行ウエハの初期膜厚は約8700オングストロームであり、ランナンバー8の初期膜厚は約9600オングストロームである。この膜厚の差900オングストロームを、予備実験で求めた平坦部研磨速度で $v$ で除して得られる値を、他のランナンバーの研磨時間 $T$ に加算することにより、ランナンバー8に適した研磨時間 $T'$ が得られる。

【0044】以上のようにして得られた研磨時間 $T'$ により化学的機械的研磨を行ったところ、ランナンバー8においても、残膜の膜厚は、目標通り5000オングストロームとなった。

#### 【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、凹凸表面を有する膜のように研磨の途中の過程において表面形状や材質が変化する研磨対象に対しても、正確な研磨時間を見積もることができる。この研磨時間を用いることにより、目標膜厚値を確実に実現することができる。しかも最適研磨時間を把握するまでの時間の短縮化を図ることができ、生産性を向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の研磨方法を説明するための図である。

【図2】本発明の研磨方法を説明するための図である。

【図3】本発明の研磨方法の適用可能なデバイスの例を示す図である。

【図4】従来の研磨方法を説明するための図である。

【図5】膜厚測定方法を説明するための図である。

【図6】本発明の研磨装置の概略構成図である。

【図7】本発明の研磨装置の概略構成図である。

【図8】実施例1の結果を示す図である。

【図9】比較例1の結果を示す図である。

【図10】実施例2の結果を示す図である。

【図11】本発明の研磨方法の流れを説明するための図である。

【図12】化学的機械的研磨の研磨プロファイルを示す図である。

【図13】従来の研磨方法の流れを説明するための図である。

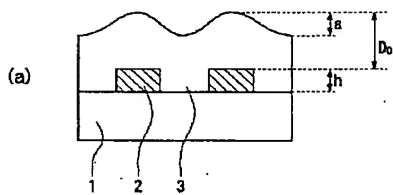
#### 【符号の説明】

- 1 絶縁膜
- 2 アルミ配線
- 3 シリコン酸化膜
- 5 第一のシリコン酸化膜
- 6 第二のシリコン酸化膜
- 10 シリコン基板
- 11 ゲート電極
- 12 拡散層
- 13 コンタクトプラグ
- 15 キャパシタ

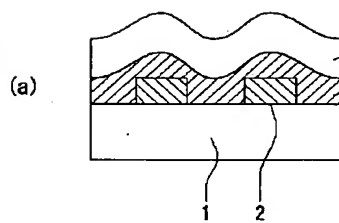
16 絶縁膜  
101 研磨部  
102 洗浄部  
103 搬送部  
106 膜厚測定部  
107 膜厚制御部  
108 記憶部  
109 研磨時間管理部  
110 制御部

\* 201 ロット投入  
202 研磨前膜厚測定  
203 最適レシビ設定  
204 CMP処理  
205 ウェハ洗浄処理  
206 研磨後膜厚測定  
207 研磨レート算出  
208 処理内容判定  
\* 209 ロット排出

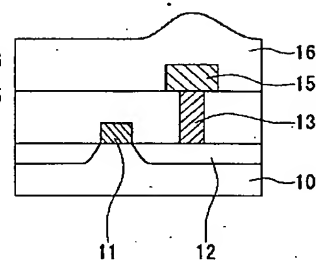
【図1】



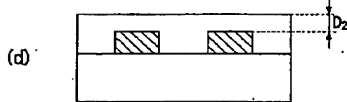
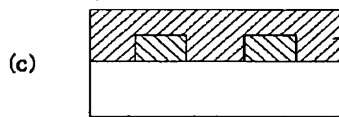
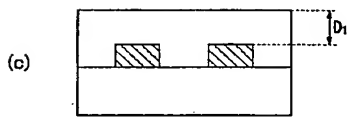
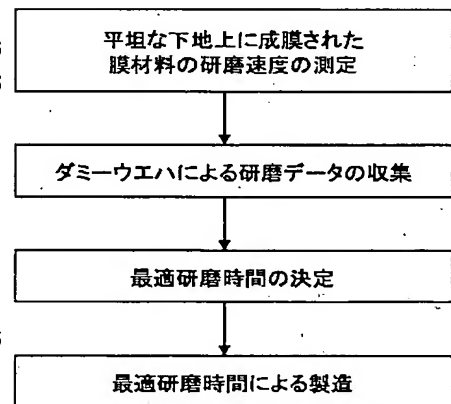
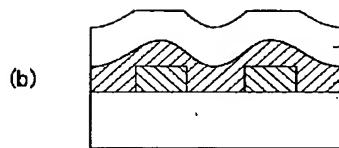
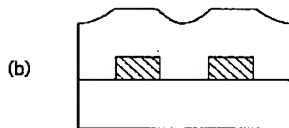
【図2】



【図3】

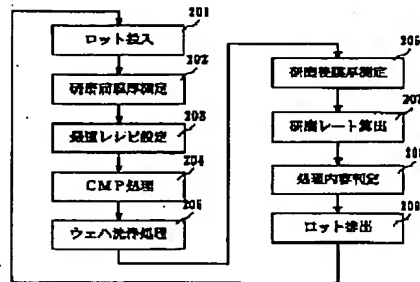
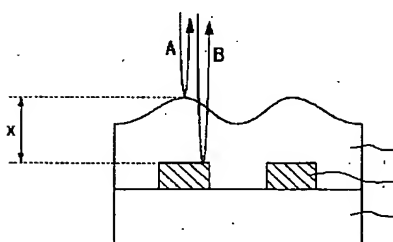


【図11】

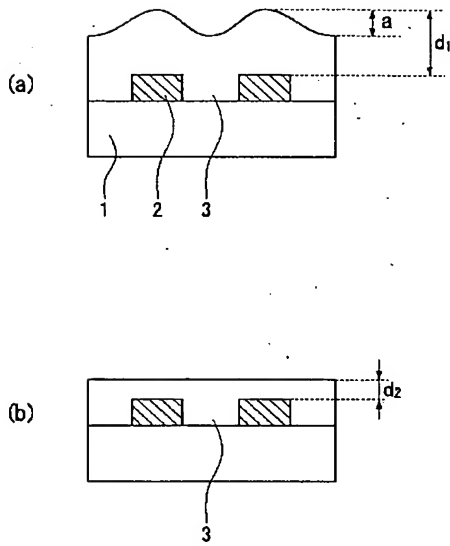


【図13】

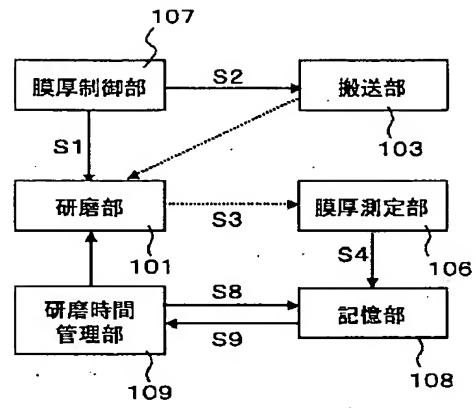
【図5】



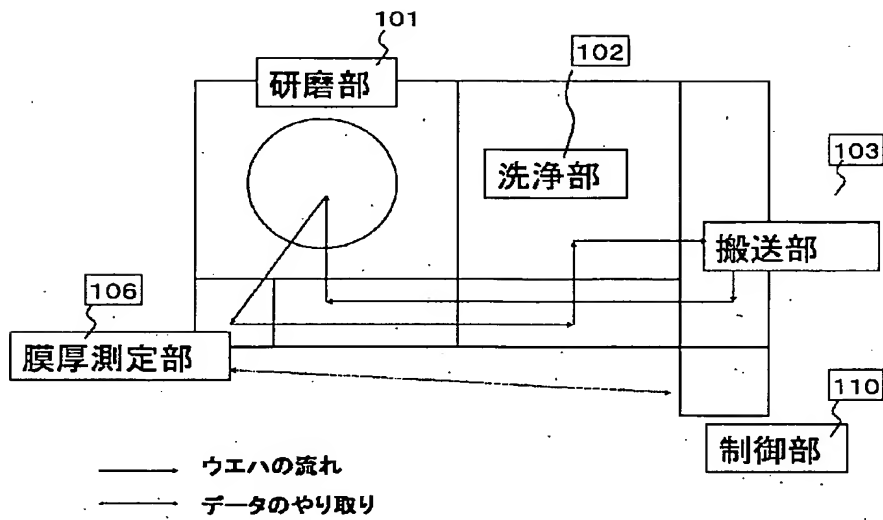
【図4】



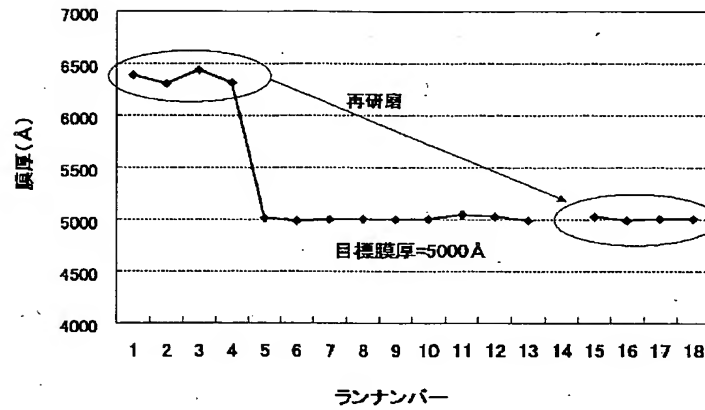
【図7】



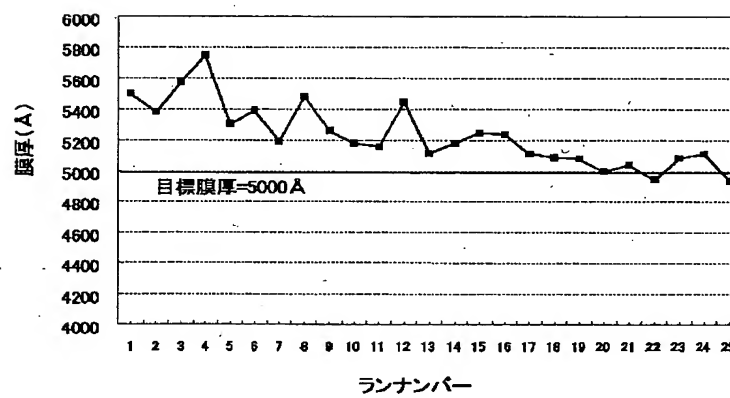
【図6】



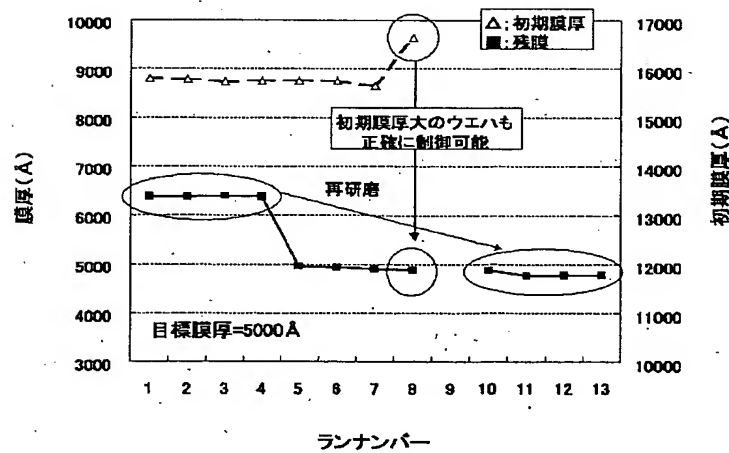
【図8】



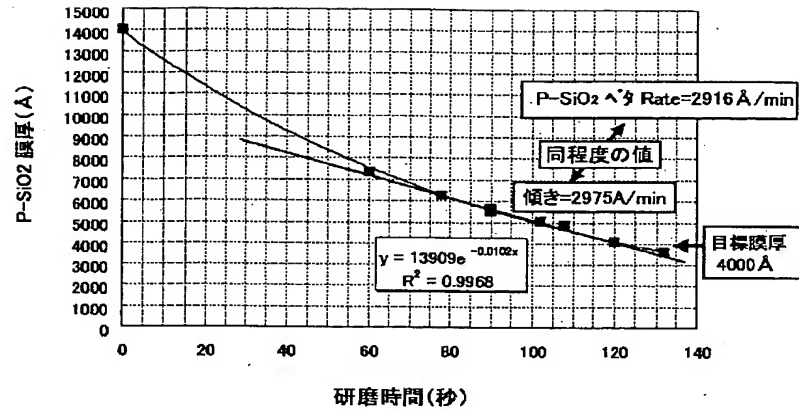
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 2 4 B 49/10

識別記号

F I  
B 2 4 B 49/10

テーマコード (参考)